

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Permasalahan

Kanker payudara merupakan salah satu jenis kanker dengan prevalensi tertinggi pada wanita dan menjadi penyebab utama kematian akibat kanker di berbagai negara. Penatalaksanaan kanker payudara dilakukan melalui beberapa modalitas terapi, salah satunya adalah radioterapi. Radioterapi berperan penting dalam meningkatkan kontrol lokal tumor serta menurunkan risiko kekambuhan setelah tindakan operasi maupun terapi sistemik. Pada kasus kanker payudara kiri, proses radioterapi memiliki tantangan tersendiri karena lokasi target penyinaran berdekatan dengan organ kritis seperti jantung dan paru kiri, sehingga teknik radioterapi yang digunakan harus mampu memberikan distribusi dosis secara tepat pada target dengan tetap meminimalkan dosis pada jaringan sehat di sekitarnya.

Berdasarkan data *Global Cancer Observatory* (GLOBOCAN) 2022 yang diterbitkan oleh *International Agency for Research on Cancer* (IARC), kanker payudara merupakan kanker dengan angka kejadian tertinggi di Indonesia, yaitu 66.271 kasus baru atau 16,2% dari seluruh kasus kanker baru, serta menyebabkan 22.598 kematian pada tahun 2022 (*International Agency for Research on Cancer*, 2024). Hal ini menunjukkan bahwa kanker payudara masih menjadi masalah kesehatan penting yang memerlukan penatalaksanaan optimal, termasuk radioterapi.

Pemilihan kanker payudara kiri sebagai fokus penelitian didasarkan pada pertimbangan klinis dan dosimetris. Secara anatomi, target penyinaran pada kanker payudara kiri berdekatan dengan organ risiko utama seperti jantung dan paru kiri. Kedekatan tersebut menuntut ketelitian perencanaan dan verifikasi dosis agar distribusi dosis pada target tetap adekuat, sementara paparan dosis pada organ risiko dapat dikendalikan.

Selain data GLOBOCAN tersebut, rekapitulasi pasien radioterapi RSPAU dr. S. Hardjolukito menunjukkan bahwa kanker payudara merupakan salah satu kasus dominan. Pada tahun 2025 terdapat 295 pasien kanker payudara dari total 486 pasien atau sekitar 60,7%. Pada Januari–Maret 2026 terdapat 59 pasien kanker

payudara dari total 123 pasien atau sekitar 48,0%, dengan 18 pasien kanker payudara kiri (*Ca mammae sinistra*) yang memiliki data *patient-specific quality assurance* (PSQA) lengkap. Data tersebut disajikan dalam bentuk jumlah kasus tanpa mencantumkan identitas pasien.

Salah satu teknik radioterapi modern yang banyak digunakan saat ini adalah *Intensity Modulated Radiation Therapy* (IMRT). Teknik IMRT memungkinkan pemberian dosis radiasi yang lebih konformal melalui pengaturan intensitas berkas radiasi menggunakan pergerakan *Multileaf Collimator* (MLC). Menurut Webb (2001), IMRT dirancang untuk meningkatkan homogenitas distribusi dosis pada target sekaligus menurunkan paparan dosis terhadap organ risiko. Penggunaan IMRT pada kanker payudara kiri memberikan keuntungan dalam menurunkan dosis pada jantung dan paru kiri dibandingkan teknik radioterapi konvensional. Hacıislamoglu et al. (2015) melaporkan bahwa IMRT mampu menghasilkan distribusi dosis yang lebih homogen serta mengurangi hotspot pada area penyinaran kanker payudara kiri. Meskipun memiliki keunggulan dosimetrik, teknik IMRT memiliki tingkat kompleksitas yang lebih tinggi dibandingkan teknik radioterapi konvensional. Kompleksitas tersebut dipengaruhi oleh pergerakan MLC, segmentasi lapangan penyinaran, variasi monitor unit (MU), serta optimasi distribusi dosis. Tingginya kompleksitas IMRT dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya ketidaksesuaian distribusi dosis apabila tidak dilakukan verifikasi kualitas secara menyeluruh.

Untuk memastikan distribusi dosis yang dihantarkan sesuai dengan perencanaan pada *Treatment Planning System* (TPS), diperlukan prosedur *Patient-Specific Quality Assurance* (PSQA). *Quality Assurance* (QA) dilakukan sebelum terapi diberikan kepada pasien untuk mengevaluasi akurasi penyinaran radiasi pada setiap rencana terapi IMRT. Salah satu metode yang banyak digunakan dalam PSQA adalah *Electronic Portal Imaging Device* (EPID). EPID merupakan detektor digital yang terintegrasi dengan *Linear Accelerator* (LINAC) dan mampu melakukan verifikasi distribusi dosis secara cepat, *real-time*, dan *non-invasif*. Menurut Van Elmpt et al. (2008), perkembangan EPID tidak hanya digunakan

untuk verifikasi posisi pasien, tetapi juga telah dimanfaatkan sebagai sistem dosimetri pada teknik IMRT dan VMAT.

Evaluasi verifikasi dosis menggunakan EPID umumnya dilakukan dengan metode *gamma index* yang diperkenalkan oleh Low et al. (1998). *Gamma index* merupakan metode evaluasi kuantitatif yang mengombinasikan parameter *Dose Difference* (DD) dan *Distance to Agreement* (DTA) dalam membandingkan distribusi dosis hasil pengukuran dengan distribusi dosis referensi dari TPS. Hasil analisis *gamma index* kemudian dinilai menggunakan parameter *Passing Rate Gamma Index*, yaitu persentase titik dengan nilai $\gamma \leq 1$. *Passing Rate Gamma Index* digunakan untuk menentukan tingkat kesesuaian distribusi dosis hasil pengukuran terhadap distribusi dosis referensi. Berdasarkan rekomendasi *American Association of Physicists in Medicine* TG-218, standar toleransi PSQA pada IMRT menggunakan kriteria *gamma* 3%/2 mm dengan *Passing Rate Gamma Index* minimal 95%. Parameter seperti *Maximum Gamma* dan distribusi titik *gamma* tinggi juga perlu diperhatikan karena dapat menandakan adanya deviasi pada area tertentu dari distribusi dosis. Hussein et al. (2017) menyatakan bahwa evaluasi *gamma* secara klinis tidak hanya ditentukan oleh nilai *Passing Rate Gamma Index* secara keseluruhan, tetapi juga dipengaruhi oleh lokasi titik gagal dan relevansinya terhadap area target maupun organ risiko.

Di Bagian Radioterapi Instalasi Radiologi RSPAU dr. S. Hardjolukito telah tersedia pesawat LINAC Varian yang dilengkapi dengan EPID untuk pelaksanaan PSQA pada teknik IMRT. Pelaksanaan verifikasi dosis IMRT telah dilaksanakan, namun evaluasi hasil QA tersebut masih terbatas pada penilaian kelulusan secara umum dan belum dilakukan analisis lebih mendalam terkait *passing rate*, *maximum gamma*, serta karakteristik distribusi *gamma* pada kasus yang lebih spesifik terutama verifikasi pada kanker payudara kiri. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis *Passing Rate Gamma Index* sebagai parameter utama dalam evaluasi kesesuaian distribusi dosis hasil verifikasi EPID terhadap dosis referensi dari TPS. Parameter *Maximum Gamma* dan *Average Gamma* digunakan sebagai parameter pendukung untuk memberikan gambaran tambahan mengenai karakteristik deviasi lokal dan rata-rata hasil evaluasi *gamma*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil *Passing Rate Gamma Index* pada verifikasi dosis IMRT kanker payudara kiri menggunakan EPID?
2. Apakah hasil *Passing Rate Gamma Index* memenuhi standar toleransi AAPM TG-218?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis hasil *Passing Rate Gamma Index* pada verifikasi dosis IMRT kanker payudara kiri menggunakan EPID.
2. Mengetahui kesesuaian hasil *Passing Rate Gamma Index* terhadap standar toleransi AAPM TG-218.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain:

1. Menambah referensi ilmiah mengenai penggunaan EPID dalam PSQA pada teknik IMRT.
2. Sebagai evaluasi kualitas PSQA di instalasi radioterapi.
3. Membantu meningkatkan kualitas dan keselamatan pelayanan radioterapi.
4. Memberikan informasi mengenai kesesuaian hasil QA terhadap standar TG-218.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada:

1. Pasien kanker payudara kiri dengan teknik IMRT dalam rentang waktu Januari–Maret 2026.
2. Verifikasi dosis dilakukan menggunakan EPID pada LINAC Varian.

3. Analisis gamma menggunakan kriteria 3%/3 mm dan 3%/2 mm serta *Dose Threshold* yang digunakan sebesar 10%.
4. Analisis utama penelitian difokuskan pada *Passing Rate Gamma Index*.
5. Parameter *Maximum Gamma* dan *Average Gamma* dianalisis sebagai data pendukung untuk memperjelas karakteristik hasil verifikasi dosis.
6. Evaluasi keselamatan *organ at risk* (OAR) melalui *Dose Volume Histogram* (DVH) tidak dianalisis secara kuantitatif dalam penelitian ini, tetapi dibahas sebagai aspek klinis yang perlu dievaluasi terpisah dari *Passing Rate Gamma Index*.